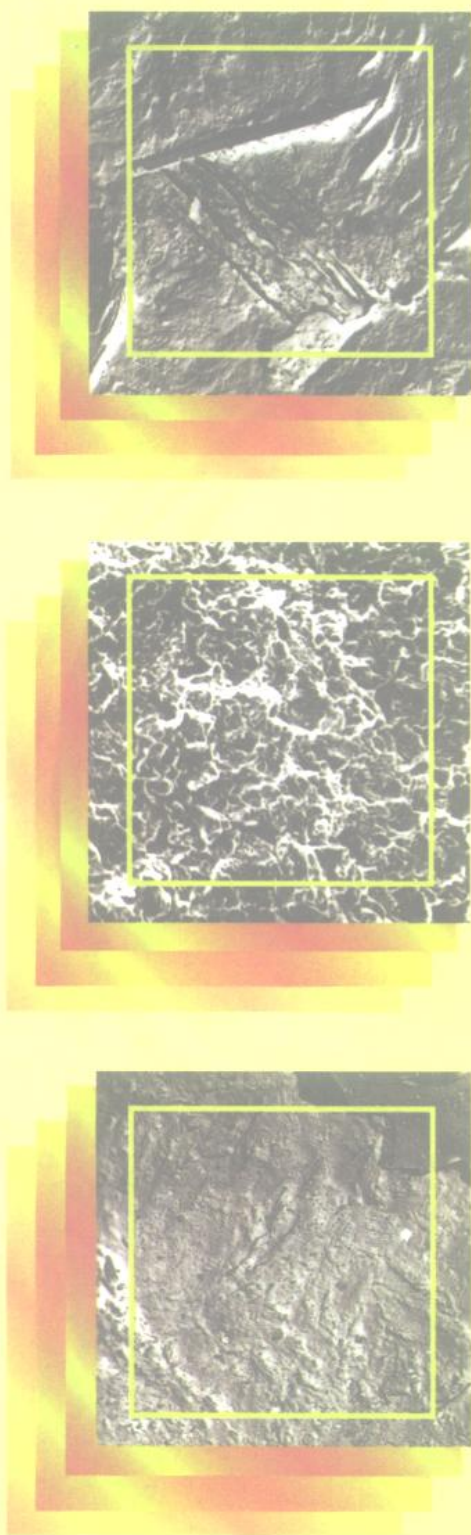


热处理实用技术

机械

1995

1220



热处理实用技术

李泉华 编著



热处理实用技术

李泉华 编著



机械工业出版社

本书集热处理工艺、设备及检验为一体，系统地介绍了几十种热处理工艺、设备及检验方法，提供了各种不同设备、材料及工艺条件的最佳参数、经典渗剂配方和技术诀窍，实用性和可操作性强。

本书不仅适用于热处理工人、技术人员，也适用于从事设计、制造的非材料热处理专业人员，并可作为工科高等院校、科研单位的参考书。

0502/26

图书在版编目 (CIP) 数据

热处理实用技术/李泉华编著. -北京: 机械工业出版社, 1999.12
ISBN 7-111-07699-0

I. 热… II. 李… III. 热处理 IV. TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 69142 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 杨民强 季顺利 版式设计: 张世琴 责任校对: 张 佳

封面设计: 方 芬 责任印制: 何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14.5 印张·342 千字

0 001 - 3 000 册

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

苦幹、巧幹的實踐經
驗和思想和頑強拼搏
的勤奮學子編著成
深入浅出、極其理實用
技術“一書、可喜、可賀！

北京市經委前任常務副主任
北京內燃機學會榮譽理事長
北內集團總公司董事長

劉克信
一九九九年

坚强的意志是事业成功的基
础，知识的积累是打开技术
大门的钥匙。实干、实干精神是
做好工作的关键。李银华同志担
任的勤奋工作和学习结成了丰硕之
果。

北内集团总公司副董事长兼总经理



2000年二月一日

前 言

热处理是提高机器零件质量和延长使用寿命的关键工序，也是充分发挥金属材料潜力、节约材料的有效途径。正确地选择材料，合理地进行热处理，不仅可以减少废品，而且可以显著提高机器零件和工模具寿命。

热处理工艺繁杂，设备种类较多，质量检验方法不一，而现有的热处理专业书籍理论性较强，年轻技术人员和工人不能尽快掌握。他们迫切需求实用性、可操作性强的热处理设备、工艺及检验的成套资料。设计、制造方面的技术人员、管理人员也渴望了解各类热处理工艺技术，以便于选择。为此，作者将36年来亲自从事热处理实际工作的经验、科研成果及日常积累的有关企业热处理的成熟资料进行大量删改、修订、编著成这本《热处理实用技术》。可使读者少走弯路，不必为某种工艺参数、渗剂成分而苦苦探索。书中提供的经验公式、技术诀窍及几十种优化工艺、几百种各类渗剂配方都是经过生产实践验证并取得成效的经验数据。数据共享，才能转化为生产力，更好地服务于社会，这是作者编著本书的意图。

本书以通俗易懂、实用性、可操作性为宗旨。全书共分3章，第1章 热处理工艺技术；第2章 热处理设备操作技术；第3章 热处理质量检验技术。既有常规工艺、设备，又有新技术、新设备。通过工艺的灵活运用和优选，使深奥的金属学理论在实践中融会贯通，使老办法难以解决的问题迎刃而解。即使是一般不熟悉热处理的外行熟读此书，也能在较短时间内掌握热处理工艺和操作热处理设备；对于热处理内行则可锦上添花，更胜一筹。本书不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

本书在编写过程中得到了北内集团总公司领导的大力支持。张祖凤、严范梅、银戒三、屠世润、王德海、王旭、李刚、潘梅峰、吕恩兰、李绍权、殷可生、赵惠兰及黄艳霞等提供了资料或参与了有关章节的编写、打印等工作，借此机会，向他们表示衷心的感谢！

目 录

前 言

第 1 章 热处理工艺技术 1

1.1 钢的退火工艺 1

1.1.1 完全退火 1

1.1.2 不完全退火 1

1.1.3 去应力退火 2

1.1.4 操作注意事项 3

1.2 钢的正火工艺 3

1.2.1 目的及应用 3

1.2.2 工艺规范 4

1.2.3 操作要点 4

1.3 钢的淬火工艺 4

1.3.1 钢的淬火 4

1.3.2 淬火工件的工艺流程 5

1.3.3 淬火前的准备 5

1.3.4 装炉 5

1.3.5 加热 5

1.3.6 冷却方法及冷却剂的选择 8

1.3.7 操作注意事项 9

1.3.8 淬火状态硬度 9

1.3.9 调质件淬火工序 9

1.3.10 45 钢淬裂及其对策 9

1.4 钢的回火工艺 11

1.4.1 回火的定义 11

1.4.2 回火的准备工作 11

1.4.3 回火的分类 11

1.4.4 回火温度的确定 11

1.4.5 回火保温时间的确定 13

1.4.6 冷却 13

1.4.7 操作注意事项 13

1.5 气体渗碳工艺 13

1.5.1 气体渗碳的目的 13

1.5.2 开炉前的准备 13

1.5.3 渗碳操作 14

1.6 固体渗碳工艺 16

1.6.1 固体渗碳特点 16

1.6.2 开炉前的准备工作 16

1.6.3 工艺规范 17

1.6.4 操作程序 17

1.6.5 质量检验 17

1.7 气体碳氮共渗工艺 17

1.7.1 气体碳氮共渗 17

1.7.2 设备及开炉前的准备 17

1.7.3 碳氮共渗操作 18

1.7.4 新的工艺配方 18

1.8 气体氮碳共渗工艺 19

1.8.1 气体氮碳共渗 19

1.8.2 设备 19

1.8.3 准备工作 19

1.8.4 工艺过程 19

1.9 气体渗氮工艺 20

1.9.1 气体渗氮 20

1.9.2 渗氮工件的工艺流程 20

1.9.3 渗氮前的准备工作 20

1.9.4 渗氮工艺及操作 21

1.9.5 渗氮过程中遇到下列情况的处理 方法 22

1.10 离子渗氮工艺 22

1.10.1 离子渗氮 22

1.10.2 材料的选用 22

1.10.3 准备工作 22

1.10.4 装炉 23

1.10.5 开炉 23

1.10.6 质量检验 23

1.11 一般工件盐炉淬火工艺 24

1.11.1 工艺流程 24

1.11.2 淬火加热 24

1.11.3 淬火冷却 24

1.11.4 淬火操作 25

1.11.5 回火 25

1.12 高速钢刀具淬火工艺 25

1.12.1 材料 26

1.12.2	技术要求	26	1.16.1	目的及应用	53
1.12.3	工艺流程	26	1.16.2	准备工作	53
1.12.4	工艺操作	26	1.16.3	退火规范	53
1.12.5	高速钢采用一次回火新工艺	28	1.16.4	质量检验	53
1.12.6	若干类型工件淬火变形规定	28	1.16.5	电冰箱、空调管、T2 管及 TUP 镜面 铜管热处理工艺	53
1.12.7	盐浴炉的管理	29	1.17	铍青铜热处理工艺	54
1.12.8	刀具导向及柄部淬火工艺	30	1.17.1	总则	54
1.12.9	高速钢刀具深冷处理工艺	31	1.17.2	准备工作	54
1.13	模具预先热处理工艺	32	1.17.3	工艺规范	55
1.13.1	退火工艺	32	1.17.4	质量检验	55
1.13.2	模具钢的调质热处理	34	1.18	发蓝工艺	56
1.14	热作模具热处理工艺	34	1.18.1	目的	56
1.14.1	锻模热处理工艺	34	1.18.2	工艺程序	56
1.14.2	热作模具的真空热处理	37	1.18.3	准备工作	56
1.14.3	5CrMnMo 钢热锻模的强韧化处理和 复合渗处理工艺	38	1.18.4	发蓝操作	56
1.14.4	压铸模热处理工艺	41	1.18.5	操作注意事项	57
1.14.5	切边模具热处理工艺	41	1.18.6	发蓝质量控制	57
1.14.6	小型锻模热处理工艺	42	1.18.7	碱性发蓝的改进工艺	57
1.14.7	3Cr2W8V 钢模具化学热处理工艺	42	1.18.8	BFH 钢铁低温高效快速发黑工艺	58
1.14.8	双金属电渣熔铸模块热处理工艺	44	1.18.9	无污染的发蓝工艺	59
1.14.9	45Cr2NiMoVSi、5Cr2NiMoVSi 高强韧 性大截面热锻模具热处理工艺	45	1.18.10	JH-160、JH-350 型钢铁发黑 工艺	59
1.14.10	4Cr3Mo2VNb (HD) 700℃ 高温热 作模具钢热处理工艺	45	1.18.11	钢铁常温发黑工艺	59
1.14.11	RM2 系中碳中合金高热强度热作 模具钢热处理工艺	45	1.18.12	石墨流态粒子炉发蓝、淬火复合 工艺	60
1.14.12	HM1 钢新型热作模具钢热处理 工艺	46	1.18.13	气体氧氮化代替发蓝、磷化工艺	60
1.14.13	3CrMo3VNb (HM3) 新型超高强韧性 模具钢热处理工艺	46	1.19	火焰淬火工艺	60
1.15	冷作模具热处理工艺	47	1.19.1	目的及特点	61
1.15.1	总则	47	1.19.2	材料	61
1.15.2	碳素工具钢模具的热处理工艺	47	1.19.3	准备工作	61
1.15.3	合金钢模具热处理工艺	49	1.19.4	淬火	61
1.15.4	65Cr4W3Mo2VNb (65Nb) 含铌基体钢 热处理工艺	51	1.19.5	回火	62
1.15.5	6CrMnNiMoVSi (GD) 高强韧性低合 金冷作模具钢热处理工艺	51	1.20	清洗、喷砂和喷丸、防锈工艺	62
1.15.6	GM 新型耐磨冷作模具钢热处理 工艺	51	1.20.1	目的	62
1.16	铜及铜合金退火工艺	53	1.20.2	清洗、脱脂	62
			1.20.3	喷砂、喷丸	63
			1.20.4	防锈	63
			1.20.5	质量要求	63
			1.20.6	注意事项	63
			1.21	校直工艺	63
			1.21.1	总则	63

1.21.2 准备工作	64	1.24.5 返修制度	76
1.21.3 校直操作	64	1.24.6 ZL104 铸造铝合金热处理工艺	76
1.21.4 校直质量要求	65	1.25 感应加热热处理工艺	77
1.21.5 操作中的安全注意事项	65	1.25.1 保证感应加热热处理质量的必要 条件	77
1.22 铸铁件热处理工艺	65	1.25.2 感应加热热处理工艺的制订	80
1.22.1 铸铁热处理特点	65	1.25.3 感应加热热处理常见质量问题及 产生原因	82
1.22.2 铸铁热处理分类及目的	65	1.25.4 感应加热热处理零件的质量 返修	82
1.22.3 灰铸铁件去应力退火	65	1.26 缸体激光淬火生产线工艺	82
1.22.4 球墨铸铁高温石墨化退火工艺	66	1.26.1 激光淬火	82
1.22.5 球墨铸铁低温石墨化退火工艺	68	1.26.2 缸体淬火的工艺流程	82
1.22.6 球墨铸铁去应力退火工艺	68	1.26.3 淬火前的准备	82
1.22.7 铸铁件淬火、回火	68	1.26.4 装夹	83
1.22.8 铸铁件正火	69	1.26.5 淬火方式	83
1.22.9 球墨铸铁曲轴传统的正火工艺	69	1.26.6 淬火参数	83
1.22.10 稀土镁铜铝合金球墨铸铁曲轴零 保温正火工艺	70	1.26.7 注意事项	83
1.22.11 稀土镁铜铝合金球墨铸铁曲轴双重 正火工艺	70	1.27 钢铁磷化工艺	83
1.22.12 稀土镁球墨铸铁曲轴破碎状铁素体 二段正火工艺	70	1.27.1 磷化处理工艺过程	83
1.22.13 稀土镁球墨铸铁曲轴中-高温二段 快速正火工艺	71	1.27.2 常温磷化工艺	84
1.22.14 金属型铸造稀土镁球墨铸铁曲轴的 两段高温正火工艺	71	1.27.3 中温磷化工艺	84
1.22.15 稀土镁球墨铸铁曲轴的铸造余热 正火工艺	71	1.27.4 高温磷化工艺	85
1.22.16 稀土镁球墨铸铁曲轴一段快速正火 工艺	72	1.27.5 磷化溶液的配制和调整	85
1.22.17 稀土镁球墨铸铁曲轴零保温正火、 不回火工艺	72	1.27.6 磷化后处理	86
1.23 变形铝合金热处理工艺	72	1.27.7 磷化膜质量检验	86
1.23.1 目的	72	1.27.8 磷化时常见的缺陷、产生原因及 排除方法	87
1.23.2 准备工作	72	1.28 钢件渗铝工艺	88
1.23.3 工艺规范	73	1.28.1 钢件热浸渗铝工艺	88
1.23.4 操作要点	74	1.28.2 钢件粉末渗铝工艺	89
1.23.5 质量检验	75	1.28.3 膏剂法铝硅共渗工艺	90
1.24 铸造 (ZL104) 铝合金热处理 工艺	75	1.28.4 铝、铬、硅三元共渗工艺	90
1.24.1 准备工作	75	1.29 热浸镀锌工艺	90
1.24.2 淬火规范	75	1.29.1 工艺流程	90
1.24.3 时效规范	75	1.29.2 碱洗脱脂	90
1.24.4 检查制度	76	1.29.3 酸洗	91
		1.29.4 助镀处理	91
		1.29.5 热浸镀锌	91
		1.29.6 冷却和钝化处理	91
		1.29.7 质量检验	91
		1.30 化学沉积镍磷合金表面强化	

工艺	92	1.34.5 物理气相沉积 (PVD) Ti (C、N)	
1.30.1 工艺过程	92	工艺	104
1.30.2 化学镀液成分	92	1.34.6 等离子化学气相沉积 (PECVD)	
1.30.3 化学沉积镍磷合金层的一般性能	93	工艺	104
1.30.4 镍磷合金层结构和热处理后的		1.35 渗硫及多元硫共渗工艺	105
组织	93	1.35.1 固体渗硫工艺	105
1.30.5 化学沉积镍磷合金层的应用	94	1.35.2 液体渗硫工艺	105
1.31 渗硼及多元硼共渗工艺	94	1.35.3 电解渗硫工艺	106
1.31.1 固体渗硼工艺	94	1.35.4 离子渗硫工艺	106
1.31.2 膏剂渗硼工艺	95	1.35.5 气体硫氮共渗工艺	107
1.31.3 盐浴渗硼工艺	96	1.35.6 液体硫氮共渗工艺	107
1.31.4 气体渗硼工艺	97	1.35.7 离子硫氮共渗工艺	107
1.31.5 硼氮共渗工艺	98	1.35.8 离子硫氮碳共渗工艺	107
1.31.6 硼铝共渗工艺	98	1.35.9 气体氧硫氮共渗工艺	108
1.31.7 硼硅共渗工艺	98		
1.31.8 硼铬共渗工艺	98	第2章 热处理设备操作技术	109
1.31.9 硼钛共渗工艺	98	2.1 箱式电炉操作技术	109
1.31.10 硼钴共渗工艺	98	2.2 井式回火电炉操作技术	111
1.31.11 硼钒共渗工艺	98	2.3 盐浴炉操作技术	112
1.31.12 镍硼共渗工艺	99	2.4 硅碳棒箱式电炉操作技术	113
1.31.13 复合镀铁及镀铁后渗硼处理		2.5 高温井式电炉操作技术	113
工艺	99	2.6 深井式电炉操作技术	114
1.31.14 碳硼复合渗工艺	100	2.7 井式气体渗碳电炉操作技术	114
1.31.15 碳、氮、氧、硫、硼多元共渗		2.8 加氧气体氮碳共渗炉操作技术	116
工艺	100	2.9 震底式煤气加热炉操作技术	118
1.31.16 硼钨共渗工艺	100	2.10 电加热震底炉操作技术	120
1.31.17 硼铜共渗工艺	100	2.11 推杆式煤气炉操作技术	121
1.31.18 硼磷共渗工艺	100	2.12 离子渗氮装置操作技术	123
1.31.19 渗硼件的质量检验	100	2.13 火焰淬火装置操作技术	124
1.32 钢件渗铬工艺	100	2.14 LD51 型推杆炉操作技术	125
1.32.1 固体渗铬工艺	101	2.15 KEMP 公司 PSN-1 型制氮装置	
1.32.2 膏剂离子渗铬工艺	101	操作技术	127
1.32.3 盐浴渗铬工艺	101	2.16 Abar Zpsen 周期炉生产线的操作	
1.32.4 铬钒共渗工艺	102	技术	131
1.32.5 铬硅共渗工艺	102	2.17 VSE 立式真空淬火炉设备的操作	
1.33 钢件渗钒工艺	102	技术	137
1.34 碳化钛 (或 TiN) 涂覆工艺	103	2.18 BPS 型中频机组操作技术	139
1.34.1 固体包装法沉积 TiC 工艺	103	2.19 曲轴旋转淬火机床操作技术	142
1.34.2 氯基熔盐涂覆 TiC 工艺	103	2.20 GP 型高频感应加热装置操作	
1.34.3 电泳法涂覆 TiC 工艺	103	技术	145
1.34.4 化学气相沉积 (CVD) Ti (C、N)			
工艺	104		

2.21 缸体激光淬火生产线操作 技术	147	2.41 Q3110 型抛丸清理滚筒操作 技术	174
2.22 磷化生产线操作技术	148	2.42 喷砂机操作技术	176
2.23 硝盐炉操作技术	150	第 3 章 热处理质量检验技术	177
2.24 硝盐槽操作技术	150	3.1 热处理质量检验总则	177
2.25 回火用盐浴坩埚电炉操作 技术	151	3.2 退火、正火及调质件质量 检验	178
2.26 煤气烘干炉操作技术	152	3.3 淬火件质量检验	179
2.27 盐浴含氯钡废渣的处理技术 ...	152	3.4 渗碳件质量检验	181
2.28 锻模燕尾回火操作技术	153	3.5 碳氮共渗件质量检验	183
2.29 15-HERT-24128-17AS 链板式连续 热处理生产线操作技术	153	3.6 气体渗氮件质量检验	185
2.30 54m ³ /h 制氮系统操作技术	159	3.7 氮碳共渗件质量检验	186
2.31 高速钢校直操作技术	161	3.8 冷作模具热处理质量检验	187
2.32 镗杆热点校直操作技术	163	3.9 热作模具热处理质量检验	188
2.33 氧—乙炔气热点校直操作 技术	163	3.10 高速工具钢金相检验	189
2.34 电阻炉温度管理技术	163	3.11 感应加热热处理件质量检验 ...	202
2.35 UDS 碳势控制仪操作技术	165	3.12 火焰淬火件质量检验	208
2.36 链板炉温度控制仪操作技术 ...	166	3.13 铸造铝合金铝锭及铸件针孔度 检验	210
2.37 326B 型氧分析仪操作技术	167	3.14 铸造 Al-Si 系合金变质处理显微 组织检验	211
2.38 54m ³ 氮气发生器氧分析仪操作 技术	168	3.15 ZL10 系铸造铝合金过烧检验 ...	212
2.39 电加热连续式气体渗碳炉生产线 操作技术	169	3.16 45 钢连杆热加工质量检验	214
2.40 60m ³ /h 电加热吸热式气体发生炉 操作技术	171	参考文献	219

第 1 章 热处理工艺技术

1.1 钢的退火工艺

退火是将钢材或钢件加热到适当温度，保持一段时间，然后缓慢冷却以获得接近平衡状态组织的热处理工艺。在机械制造行业，退火通常作为工件制造过程中的预备热处理工序。

机械制造行业广泛采用完全退火、不完全退火与低温退火三种退火工艺，应根据工件的技术要求与工艺流程合理选用。

1.1.1 完全退火

完全退火是将钢件加热到临界点 Ac_3 以上的适当温度、在炉内保温缓慢冷却的工艺方法。其目的是细化组织、降低硬度、改善切削加工性能及去除内应力。

完全退火应用于中碳钢和中碳合金钢的铸、焊、轧制件等。

1. 完全退火工艺曲线 见图 1-1。

2. 常用结构钢退火温度与退火后硬度 参照表 1-1 选择。

表 1-1 常用结构钢的完全退火温度与硬度值

钢 号	退火温度/℃	退火后的硬度值/HBS
40Cr	860 ~ 890	≤207
40MnVB	850 ~ 880	≤207
42SiMn	850 ~ 870	≤207
35CrMo	830 ~ 850	197 ~ 229
50CrVA	810 ~ 870	179 ~ 255
65Mn	790 ~ 840	196 ~ 229
60Si2MnA	840 ~ 860	185 ~ 255
38CrMoAlA	900 ~ 930	≤229

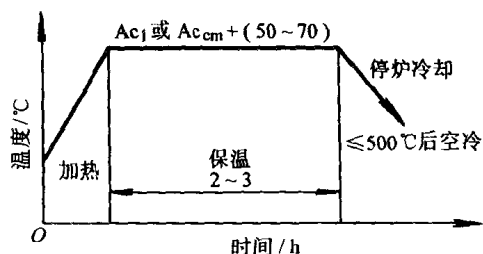


图 1-1 完全退火工艺曲线

3. 工件装炉 一般中、小件均可直接装入退火温度的炉内，亦可低温装炉，随炉升温。

4. 保温时间 保温时间是指从炉子仪表到达规定退火加热温度开始计算至工件在炉内停止加热开始降温时的全部时间。工件堆装时，主要根据装炉情况估定，一般取 2 ~ 3h。

5. 工件冷却 保温完成后，一般停电（火）关闭炉门缓冷至 500℃即可出炉空冷。对某些合金元素含量较高、按上述方式冷却后硬度偏高的工件，可采用等温冷却，即在 650℃附近保温 2 ~ 4h 后再炉冷至 500℃出炉。

1.1.2 不完全退火

不完全退火是将钢件加热到 $Ac_1 \sim Ac_3$ 或 Ac_{cm} 之间的适当温度，保温后缓慢冷却的工艺方法。主要目的可以降低硬度、改善切削加工性能、消除内应力。表 1-2 为主要推荐的过共析钢，采用等温退火还可以使片状珠光体球化，为下道工序作组织准备。

1. 不完全退火工艺曲线 见图 1-2。

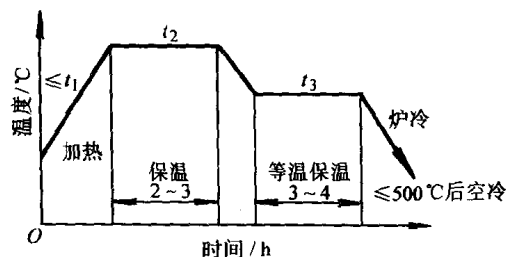


图 1-2 不完全退火工艺曲线

2. 常用工具钢工件退火温度、等温温度与退火后硬度 参照表 1-2 选择。

表 1-2 工具钢、轴承钢的球化退火温度及硬度值

钢 号	保温温度 $t_2/^\circ\text{C}$	等温温度 $t_3/^\circ\text{C}$	等温时间/h	退火后硬度 HBS
T7	750 ~ 770	640 ~ 670	2 ~ 3	187
T8A	740 ~ 760	650 ~ 680	2 ~ 3	187
T10A	750 ~ 770	680 ~ 700	2 ~ 3	163 ~ 197
T12A	750 ~ 770	680 ~ 700	2 ~ 3	163 ~ 207
9Mn2V	740 ~ 760	630 ~ 650	3 ~ 4	229
9SiCr	790 ~ 810	700 ~ 720	3 ~ 4	197 ~ 241
CrMn	770 ~ 810	680 ~ 700	3 ~ 4	197 ~ 241
CrWMn	780 ~ 800	690 ~ 710	3 ~ 4	207 ~ 255
GCr15	790 ~ 810	680 ~ 710	3 ~ 4	207 ~ 229
5CrNiMo	760 ~ 780	≈ 610	3 ~ 4	197 ~ 241
5CrMnMo	850 ~ 870	≈ 680	3 ~ 4	197 ~ 241
Cr12	850 ~ 870	720 ~ 750	3 ~ 4	207 ~ 255
Cr12MoV	850 ~ 870	720 ~ 750	3 ~ 4	207 ~ 255
3Cr2W8	850 ~ 880	730 ~ 750	3 ~ 4	207 ~ 255
W18Cr4V	850 ~ 880	730 ~ 750	4 ~ 5	207 ~ 255
W6Mo5Cr4V2	870 ~ 890	740 ~ 750	4 ~ 5	255
W12CrV4Mo	840 ~ 860	720 ~ 750	4 ~ 5	223 ~ 269
1Cr13、4Cr13	860 ~ 880	730 ~ 750	3 ~ 4	149 ~ 207

3. 不完全退火工艺规程 装炉温度、加热速度、保温时间与完全退火工艺相同。

4. 等温保温时间 主要根据装炉量与钢材种类选择，一般 3 ~ 4h。装炉量大、合金元素含量高时应取上限。

1.1.3 去应力退火

去应力退火是将工件加热到 A_{c1} 以下的适当温度，保持一定时间后缓慢冷却的工艺方法。其目的是为了去除由于形变加工、机械加工、铸造、锻造、热处理及焊接等产生的残余应力。

1. 去应力退火工艺曲线 见图 1-3。

2. 不同工件去应力退火工艺 参数见表 1-3。

3. 去应力退火的温度 一般应比最后一次回火低 20 ~ 30 $^\circ\text{C}$ ，以免降低硬度及力学性能。

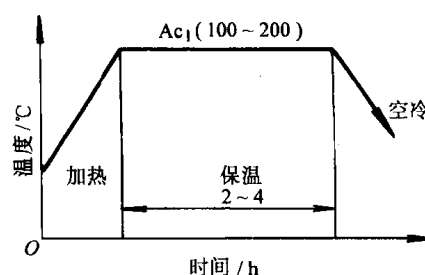


图 1-3 去应力退火工艺曲线

表 1-3 去应力退火工艺及低温时效工艺

类 别	加热速度	加热温度/℃	保温时间/h	冷却速度
焊接件	$\leq 300^{\circ}\text{C}$ 装炉 $\leq 100 \sim 150^{\circ}\text{C/h}$	500 ~ 550	2 ~ 4	炉冷至 300℃ 出炉空冷
消除加工应力	到温装炉	400 ~ 550	2 ~ 4	炉冷或空冷
镗 杆、精 密 轴 套 (38CrMoAlA)	$\leq 200^{\circ}\text{C}$ 装炉 $\leq 80^{\circ}\text{C/h}$	600 ~ 650	10 ~ 12	炉冷至 200℃ 出炉 (在 350℃ 以上 冷速 $\leq 50^{\circ}\text{C/h}$)
精密丝杠 (1、2 级) (T10)	$\leq 200^{\circ}\text{C}$ 装炉 $\leq 80^{\circ}\text{C/h}$	550 ~ 600	10 ~ 12	炉冷至 200℃ 出炉 (在 350℃ 以上 冷速 $\leq 50^{\circ}\text{C/h}$)
一般丝杠、主轴 (45、 40Cr)	随炉升温	550 ~ 600	6 ~ 8	炉冷至 200℃ 出炉
精密丝杠、量检具 (T8、 T10、CrMn、GCr15)	随炉升温	130 ~ 180	12 ~ 16	空冷 (时效多在油浴中进行)

4. 对薄壁、易变形焊接件，退火温度应低于下限。

5. 低温时效用于工件的半加工之后 (如粗磨或第一次精磨之后)，一般采用较低的温度。

6. 铸铁件低温退火见铸铁件热处理工艺。

1.1.4 操作注意事项

(1) 操作前应根据工件材料，技术要求，工件尺寸和形状特征及数量等具体情况制定工艺方法，并考虑安排生产，工艺规范相近的工件允许同炉处理。

(2) 抽查待处理零件的变形量是否符合工艺要求。

(3) 检查设备仪表运转情况

(4) 去应力退火一般采用箱式或井式电炉；低温时效多在油浴中进行。

(5) 细长轴类工件宜在井式电炉或井式油浴中处理。

(6) 低温时效工件装出炉时应避免碰撞，轻拿轻放，细长轴类等工件应垂直吊挂存放，以防因自重变形。

(7) 去应力退火或低温时效后的工件，如需校直，则校直后必须重新进行去应力退火低温时效。

1.2 钢的正火工艺

1.2.1 目的及应用

正火是将钢材或钢件加热到临界点 A_{c3} 或 A_{cm} 以上的适当温度，保持一定时间后在空气中冷却，得到珠光体基体组织的热处理工艺。

正火主要应用范围：

(1) 作为低碳钢和某些低合金结构铸钢及锻件消除应力、细化组织、改善切削加工性能和淬火前的预备热处理。

(2) 消除网状碳化物，为球化退火作准备。

(3) 用于某些碳素钢、低合金钢工件在淬火返修时，消除内应力和细化组织，以防重新

淬火时产生开裂和变形。

(4) 作为某些结构件的最终热处理。

1.2.2 工艺规范

(1) 常用钢号的正火加热温度及硬度值，可参照表 1-4。

表 1-4 常用钢号的正火温度及硬度值

钢 号	加热温度/℃	正火后硬度 HBS	备 注
08	910 ~ 940	≤ 131	
15	900 ~ 950	≤ 143	
35	860 ~ 900	146 ~ 197	
45	840 ~ 880	170 ~ 217	
20Cr	870 ~ 900	143 ~ 197	渗碳前的预先热处理
20CrMnTi	920 ~ 970	160 ~ 207	渗碳前的预先热处理
20MnVB	880 ~ 900	149 ~ 179	渗碳前的预先热处理
40Cr	870 ~ 890	179 ~ 229	
40MnVB	860 ~ 890	159 ~ 207	正火后 680 ~ 720℃ 高温回火
50Mn2	820 ~ 860	192 ~ 241	正火后 630 ~ 650℃ 高温回火
40CrNiMoA	890 ~ 920	220 ~ 270	
38CrMoAlA	930 ~ 970	179 ~ 229	正火后 700 ~ 720℃ 高温回火
9Mn2V	860 ~ 880		消除网状碳化物
GCr15	900 ~ 950		消除网状碳化物
CrWMn	970 ~ 990		消除网状碳化物

(2) 正火保温时间的计算，可参照淬火工艺规程。

(3) 正火工件的冷却一般为空冷，大件正火也可采用风冷、喷雾冷却等，以获得预期的效果。

1.2.3 操作要点

(1) 工艺规范（正火温度）相近的工件，允许同炉处理。

(2) 对表面质量要求高的工件加热应采取防止氧化与脱碳的保护措施。

(3) 工件一般采用工作温度或稍高于工作温度装炉。若重叠装料，应适当延长保温时间。

(4) 工件应均匀放置在炉子有效工作区里。

(5) 工件出炉后，应散放在干燥处空冷，不得堆积，不得放在潮湿处。

1.3 钢的淬火工艺

1.3.1 钢的淬火

淬火是将钢奥氏体化后以适当的冷却速度冷却,使工件在横截面内全部或一定范围内发生马氏体不稳定组织结构转变的热处理工艺。

1.3.2 淬火工件的工艺流程

一般工件:淬火→清洗→回火→(清洗)→喷砂(或喷丸等)表面清理→检验。

轴类零件及易变形工件:淬火→清洗→回火→(清洗)→校直→去应力处理→喷砂→检验。

1.3.3 淬火前的准备

(1) 核对工件数量、材质及尺寸,并检查工件有无裂纹、磕碰伤、锐边、尖角及锈蚀等影响淬火质量的缺陷。

(2) 根据图样及工艺文件,明确淬火的具体要求,如硬度、局部淬火范围等。

(3) 根据淬火要求,选用合适的工夹具或进行适当的绑扎,在易产生裂纹的部位,采取适当的防护措施,如用铁皮或石棉绳包扎及堵孔等。

(4) 表面不允许氧化、脱碳的工件,应在盐浴炉或保护气氛炉中加热,或采取以下防护措施:

1) 涂料防护,推荐选用下列涂料配方:

① 石墨油 10% 石墨 + 90% 润滑脂 (质量分数)。

② $100\text{gSiO}_2 + 5\text{gAl}_2\text{O}_3 + 25\text{gNaSiO}_3 + 40\text{gH}_2\text{O}$ 。热涂层 0.05 ~ 0.10mm,加热温度小于 1000℃ 时有防氧化、脱碳作用。

③ $20\text{gSiO}_2 + 10\text{gAl}_2\text{O}_3 + 10\text{g长石} + 10\text{gSiC} + 8\text{gKSiO}_3 + 12 \sim 15\text{gH}_2\text{O}$ 。热涂层 0.2 ~ 0.30mm,加热温度小于 1200℃ 时有防氧化、脱碳作用。

2) 将工件装入盛有木炭或已用过的铸铁屑的铁箱中,加盖密封。

(5) 大批工件应作首件或小批量试淬,认可后方可进行批量生产,并在生产过程中经常抽检。

1.3.4 装炉

(1) 允许不同材质、但具有相同加热温度的工件装入同一炉中加热。

(2) 入炉工件均应干燥、无油污及其他脏物。

(3) 截面大小不同的工件装入同一炉时,大件应放在炉膛里面,大、小工件分别计算保温时间。

(4) 装炉时必须将工件放在装炉架或炉底板上,用钩子、钳子堆放,不得将工件直接抛入炉内,以免碰伤工件或损坏设备。

(5) 细长工件应尽量在井式炉或盐炉中垂直吊挂加热,以减少变形。

(6) 在箱式炉中装炉加热时,一般为单层排列,工件间隙 10 ~ 30mm。小件允许适当堆放,但保温时间酌情增加。

1.3.5 加热

1. 加热方式

(1) 碳钢及合金钢工件,一般可直接装入淬火温度或比规定的淬火温度高 20 ~ 30℃ 的炉中加热。

(2) 高碳高合金钢及形状复杂的工件应作预热。

2. 加热温度选择 常用钢种淬火温度与淬火后硬度见表 1-5。

表 1-5 常用钢种淬火温度与淬火后硬度

钢 号	加热温度/℃	冷却剂	淬火后硬度 (≥) HRC
15, 20 (渗碳后)	780 ~ 800	水	59
35	870	盐水	50
45	820 ~ 850	水或盐水	50
T7 ~ T12	770 ~ 800	水淬或水淬油冷	60
20CrMnMo (渗碳后)	840 ~ 860	油	55
20Cr (渗碳后)	790 ~ 820	油淬或水淬油冷	55
20CrMnTi (渗碳后)	850 ~ 870 允许渗碳后直接淬火	油	55
38CrMoAlA (渗氮后)	930 ~ 950	油	55
40Cr	840 ~ 860	油淬或水淬油冷	50
40MnVB	830 ~ 850	油	45
40CrMnMo	850 ~ 870	油	52
35CrMoSiA	880 ~ 900	油	45
35CrMo	830 ~ 860	油	45
42CrMo	840 ~ 860	油	45
45Mn2	820 ~ 860	油	45
50CrVA	850 ~ 870	油	52
CrWMn	830 ~ 850	硝盐	60
	820 ~ 840	油	60
60Si2Mn	840 ~ 870	油	60
GCr15	830 ~ 850	油	60
GCr15SiMn	820 ~ 840	油	60
5CrNiMo	830 ~ 850	油	52
65Mn	790 ~ 820	油	55
3Cr2W8V	1050 ~ 110	油	50
W18Cr4V	1260 ~ 1300	油或熔盐	63
W6Mo5Cr4V2	1210 ~ 1240	油或熔盐	63
1Cr13	980 ~ 1050	油	35
2Cr13	980 ~ 1050	油	45
3Cr13	980 ~ 1050	油	47
4Cr13	980 ~ 1050	油	52
HT200	830 ~ 870	油或水淬油冷	45
ZG310—570	830 ~ 850	水淬或水淬油冷	50
ZG340—640	790 ~ 810	水淬或水淬油冷	50
5CrMnMo	830 ~ 850	油	52
9Mn2V	790 ~ 810	油	60
9SiCr	850 ~ 870	油、硝盐	60
Cr12	980 ~ 1020	油	60
Cr12MoV	980 ~ 1020	油	60
	1080 ~ 1130		42

注：1. 一般工件取中间温度，大型工件或箱式炉加热的调质件可取上限温度，复杂易变形工件可取下限温度，甚至可采用亚温 $A_{c3} \pm 10^\circ\text{C}$ 淬火。

2. 淬水工件取下限温度，淬油、碱或硝盐分级淬火工件，可取上限温度。